

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-10699

(43)公開日 平成10年(1998)1月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup> G 0 3 F 1/08 H 0 1 L 21/027	識別記号	府内整理番号	F I G 0 3 F 1/08 H 0 1 L 21/30	技術表示箇所 A 5 0 2 P 5 2 8
---	------	--------	--------------------------------------	---------------------------------

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全5頁)

(21)出願番号	特願平8-160137
(22)出願日	平成8年(1996)6月20日

(71)出願人	000003193 凸版印刷株式会社 東京都台東区台東1丁目5番1号
(72)発明者	大久保 鈴司 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内
(72)発明者	松尾 正 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(54)【発明の名称】 ハーフトーン型位相シフトマスク及びその製造方法

## (57)【要約】

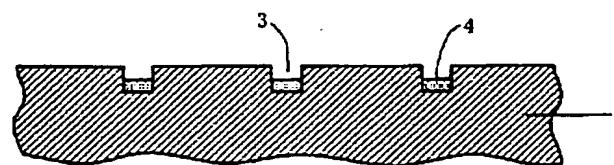
【課題】 安定した光学特性とパターン形状が得られやすい埋め込み式ハーフトーン型位相シフトマスクとその製造方法を提供する。

【解決手段】 透明基板1に凹部3を形成し、該凹部3に半透明層4を設けたハーフトーン型位相シフトマスクであって、以下の工程を含むことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法である。

1) 透明基板1上にレジストパターン2を形成し、該レジストパターン2をマスクとして透明基板1をエッチング加工して凹部3を形成する工程。

2) 前記レジストパターン2及び凹部3が形成された透明基板1全面に所望の厚さの半透明層4を堆積する工程。

3) 前記レジストパターン2及びレジストパターン2上の半透明層4を除去して凹部3にのみ半透明層4を形成する工程。



2/5

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】透明基板に凹部を形成し、該凹部に半透明層を設けたことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスク。

【請求項2】以下の工程を含むことを特徴とする請求項1記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法。

1) 透明基板上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクとして透明基板をエッチング加工して凹部を形成する工程。

2) 前記レジストパターンをマスクとして透明基板に形成された凹部に所望の厚さの半透明層を堆積する工程。

3) 前記レジストパターン及びレジストパターン上の半透明層を剥離する工程。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路の製造に用いるフォトマスクに係わり、特に位相シフト法を利用するハーフトーン型位相シフトマスク及びその製造法に関する。さらに従来のフォトマスクを用いた場合に比べパターンの解像力を向上させるハーフトーン型位相シフト領域を有するマスクの製造に用いる。

## 【0002】

【従来の技術】従来のフォトマスクでは、微細なパターンの投影露光に際し、近接したパターンはマスクの光透過部を通過した光が回折し、干渉し合うことによって、パターン境界部での光強度を強め合い、フォトレジストが感光して、ウェハー上に転写されたパターンが分離解像しないという問題が生じていた。この現象は露光波長に近い微細なパターンほどその傾向が強く、原理的には従来のフォトマスクと従来の露光光学系では光の波長以下の微細パターンを解像することは不可能であった。

【0003】そこで、隣接するパターンを透過する投影光の位相角を互いに180度とすることにより微細パターンの解像力を向上させるという、位相シフト技術を用いた位相シフトマスクが開発された。すなわち、隣接する凹部の片側に位相シフト部を設けることにより、透過光が回折し干渉し合う際、位相が反転しているために境界部の光強度は弱め合い、その結果転写パターンは分離解像する。この関係は焦点の前後でも成り立っているため、焦点が多少ずれていても解像度は従来法よりも向上し、焦点裕度が改善される。

【0004】上記のような位相シフト法はIBMのLevensonらによって提唱され、特開昭58-173744号公報や、原理では特公昭62-50811号公報に記載されている。パターンを遮光層で形成する場合は、遮光パターンに隣接する凹部の片側に位相シフト部を設けて位相反転させるが、遮光層が完全な遮光性を持たずかつ、この半透明層によって位相が反転される場合にも、同様な解像度向上効果が得られ、この場合は特に孤立パターンの解像度向上に有効である。

【0005】後者のような効果を与える位相シフトマスクを一般にハーフトーン型と称する。この技術には半透明膜と位相シフト層を積層する2層ハーフトーン型マスクと半透明層マスクに位相シフト効果を持たせる単層ハーフトーン型マスクの2種類がある。

【0006】位相シフト効果を最大にするためには、位相シフトを180°にすることが望ましい。このためには(1)式の関係が成り立つような半透明層を形成すればよい。

$$d = \lambda / \{ 2(n-1) \} \dots \dots \dots (1)$$

(d: 位相シフト部膜厚、λ: 露光波長、n: 位相シフト部屈折率)

【0007】図3(a)、(b)に従来のハーフトーン型位相シフトマスクの断面図を示す。図3(a)は、単層ハーフトーン型位相シフトマスクを示したものであり、透明基板11の上に従来の半透明層12を設けたものである。この半透明層12としては、MoSi化合物、Cr化合物、Si化合物、WSi化合物などがある。例えば、従来の前記半透明層であるMoSi化合物は、MoSiターゲットを用いて、不活性ガスと反応性ガス(酸素ガス、窒素ガス)の混合ガスでスパッタリングを行って、目標の光学特性である透過率5%から15%と位相角170度から180度を同時に満たすことができる。しかし、スパッタリングで使用するガスがArのみでは、膜の光学特性を満たす領域が狭くなる。一方酸素や窒素などの添加ガスを使用する場合は、Arガスのみで成膜した場合よりも目標とする光学特性が得られやすい。しかし反応性スパッタリングでは膜特性の再現性、成膜後の経時安定性、または薬品耐性の低下等の様々な問題があった。

【0008】図3(b)は、2層ハーフトーン型位相シフトマスクを示したものである、透明基板11の上にシフター13を設け、このシフター13で位相角をほぼ制御し、更にもう一層透過率調整層14を附加したものである。この場合光学特性は容易に制御できるが、パターン形成時には2層膜の膜質の違いのために微細パターンの形状再現性を良好なものにするには様々なノウハウを必要とした。また膜質の違いが大きい場合は、パターン形成が困難なものさえあった。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、従来の反応性スパッタリング膜は、光学特性を達成するために、反応性ガスやターゲットにイオン注入しているため、実際に光学特性を安定に再現することが、反応性スパッタリングに特有のヒステリシス現象等の問題で難しかった。さらに成膜後も膜質は安定せず、透過率の上昇や位相角の変化などが起きやすかった。また薬品に対しても、容易に溶けてしまう事が多い。また多層ハーフトーン型位相シフトマスクの場合は良好な微細パターンを形成する事が容易でなかった。本発明は以上のような問

題点に着目してなされたもので、安定した光学特性とパターン形状が得られやすい埋め込み式ハーフトーン型位相シフトマスクとその製造方法を提供することを目的とする。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明において上記課題を解決するために、まず請求項1においては、透明基板に凹部を形成し、該凹部に半透明層を設けたことを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクとしたものである。

【0011】また、請求項2においては、以下の工程を含むことを特徴とする請求項1記載のハーフトーン型位相シフトマスクの製造方法としたものである。

1) 透明基板上にレジストパターンを形成し、該レジストパターンをマスクとして透明基板をエッチング加工して凹部を形成する工程。

2) 前記レジストパターン及び凹部が形成された透明基

$$180 = 360 \times \{ (n - 1.5) d + (1.5 - 1) (D - d) \} / \lambda$$

..... (3)

(D: 透明基板凹部の深さ ( $D \geq d$ )) となる。さら

$$d = \{ \lambda - (D - d) \} / 2 (n - 1.5)$$

となる。

【0014】透明基板1上にフォトレジストをスピナー等により全面に塗布しレジスト層を形成し、通常の電子線リソグラフィ等の手段により描画、現像してレジストパターン2を形成する(図2(a)参照)。次に、レジストパターン2をマスクとして、透明基板である合成石英ガラスをエッチングして凹部3を形成する(図2(b)参照)。

【0015】ここで、凹部3の深さDは、位相角180度、透過率5%の位相シフトマスクを作製するために、以下のパラメータを順次決めて、最終的に設定する。

露光波長 $\lambda$ : 248 nmが決まると透明基板である合成石英ガラスの屈折率: 1.5が決定する。さらに、半透明層の膜材料を決定すると、半透明層の屈折率nと消衰係数kが分かり、(2)式より半透明層の膜厚 $d_1$ が求まる。さらに、半透明層の消衰係数kが分かっているので透過率 $T_1$ が計算によって求まる。本発明の構成に使用する半透明層の屈折率n及び消衰係数kは通常の位相シフトマスクのそれに比べて大きいため、透過率 $T_1$ は目標の5%より低い値を示す。

【0016】一方、目標の透過率5%を得るために半透明層の膜厚 $d_2$ が計算によって求まる。この時の位相角 $\Phi_1$ は(2)式より求まり、目標の位相角180度との位相角の差 $\Delta\Phi$ が生じる。この位相角の差 $\Delta\Phi$ は合成石英ガラスと空気の屈折率の差で補うようにする。具体的には(4)式より $D - d$ を求め、凹部3の深さDを決定する。

【0017】次に、レジストパターン2及び凹部3が形成された透明基板1上全面に半透明層4を成膜する(図

板全面に所望の厚さの半透明層を堆積する工程。

3) 前記レジストパターン及びレジストパターン上の半透明層を除去して凹部にのみ半透明層を形成する工程。

## 【0012】

【発明の実施の形態】図1、図2(a)~(d)を用いて本発明の埋め込み式ハーフトーン型位相シフトマスク及びその製造方法について説明する。

【0013】まず、透明基板1としてフォトマスク用として一般的に使用されている合成石英ガラスを使用し、その屈折率は例えばKrFエキシマレーザの波長248 nmに対しておよそ1.5である。図1の本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの位相角 $\Phi$ を表す式は、 $\Phi = 2\pi (n - 1.5) d / \lambda \dots \dots \dots (2)$

(n: 半透明層屈折率、d: 半透明層膜厚、 $\lambda$ : 露光波長、透明基板の屈折率: 1.5)となる。位相角180度を満たす式は(2)式より、

$$180 = 360 \times \{ (n - 1.5) d + (1.5 - 1) (D - d) \} / \lambda$$

..... (3)

に、(3)式を整理すると

$$d = \{ \lambda - (D - d) \} / 2 (n - 1.5) \dots \dots \dots (4)$$

2(c)参照)。半透明層4としては、上記凹部3の深さDの決定プロセスで説明したように、通常の位相シフトマスクに使用する半透明層よりも大きい屈折率nを設定できるようになっている。例えばCr、Si、Ta等の金属膜や半導体膜であり、これらの膜は不活性ガス(アルゴンガス等)を使用した通常のスパッタリングで成膜できるため、得られた膜の光学特性(特に屈折率n)が反応性スパッタリングで成膜した膜より安定している。

【0018】次に、レジストパターン2及び半透明層4を除去して、透明基板1の凹部3の一部に半透明層4が形成された本発明のハーフトーン型位相シフトマスクが完成する(図2(d)及び図1参照)。

## 【0019】

【実施例】以下、実施例により本発明を更に具体的に詳述する。透明基板1として合成石英ガラス基板(厚さ2.3 mm、大きさ5インチ角)を使用し、透明基板1上にポジ型レジストをコートしてレジスト層を形成し、所定のパターンを電子線描画、現像を行い、レジストパターン2を形成した(図2(a)参照)。

【0020】次に、レジストパターン2をマスクとして透明基板1をエッチングし凹部3を形成した(図2(a)参照)。エッチング方法としてはウエット、ドライエッチングのいずれの方法でも良いが、今回はドライエッティングによりフッ素系ガスを用いてRIE(反応性イオンエッティング)装置で行った。この凹部3の深さDは、上述したように堆積する半透明層4の光学定数(屈折率、消衰係数)によってきまる。

【0021】具体的な数字を挙げて説明する。位相角1

80度、透過率5%のハーフトーン型位相シフトマスクを作製する場合、露光波長λ: 248 nmが決定しているため、透明基板である合成石英ガラス基板の屈折率1.5が求まる。ここで、半透明層4として、屈折率が4.48、消衰係数1.95のTaS<sub>i</sub>膜を使うことにする。成膜法はRFスパッタリングを用い、Powerは200W、成膜ガスとして不活性ガスであるアルゴンガスを使用して成膜した。

【0022】ここで、屈折率が4.48、消衰係数1.95のTaS<sub>i</sub>膜で、位相角180度を得るために膜厚d<sub>1</sub>は、(2)式より416オングストロームになる。さらに、TaS<sub>i</sub>膜の消衰係数1.95が分かっているので、その時の透過率T<sub>1</sub>は計算によって0.7%となり、目標の透過率5%よりも低い値になる。

【0023】一方、目標の透過率5%を得るために半透明層TaS<sub>i</sub>膜の膜厚d<sub>2</sub>は計算により223オングストロームになり、この時の位相角Φ<sub>1</sub>は(2)式より96.5度となり、目標の位相角180度との位相角の差△Φ83.5度が生じる。この位相角の差△Φ83.5度は合成石英ガラスと空気の屈折率の差で補うようにする。具体的には、(4)式よりD-dを求める1151オングストロームになる。よって合成石英ガラス基板に形成する凹部3の深さDは1374オングストロームとなる。

【0024】ここではCF4ガスを主体としたRIE(反応性イオンエッティング)により透明基板1のレジストパターン2をマスクとして、D=1374オングストロームの深さの凹部3を形成した(図2(b)参照)。

【0025】次にTaS<sub>i</sub>ターゲットを用い、成膜ガスとしてArガスを用いたスパッタリングにより223オングストロームのTaS<sub>i</sub>膜からなる半透明層4を形成した(図2(c)参照)。その後、凹部3以外のTaS<sub>i</sub>膜は下層のレジストパターンとともに剥離した(図2

(d)参照)。これにより本発明の図1の構造の埋め込み式ハーフトーン型位相シフトマスクが完成した。

#### 【0026】

【発明の効果】以上詳細に示したように、本発明の埋め込み式ハーフトーン型位相シフトマスクに使用する半透明層は、従来のハーフトーン膜のように、活性ガスを添加する反応性スパッタリングではなく、不活性ガス(Ar, Xe)を主体とするスパッタリングで作製された膜である。従って成膜時にいわゆるヒステリシス現象が起きず、光学特性が安定した膜が再現性よく形成される。さらに成膜後の経時安定性及び薬品耐性が優れている。

【0027】また半透明層の成膜時には透過率だけを調整すれば良く、位相角は凹部のガラスと空気の屈折率の差で補うことができ、容易に180度の位相角を再現できる。さらに堆積法であるので半透明層の加工形状を気にしなくても良いなどの利点がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のハーフトーン型位相シフトマスクを示す断面図である。

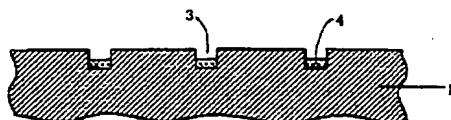
【図2】(a)～(d)は本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程を示す断面図である。

【図3】(a)は従来の単層ハーフトーン型位相シフトマスクを示す断面図である。(b)は従来の2層ハーフトーン型位相シフトマスクを示す断面図である。

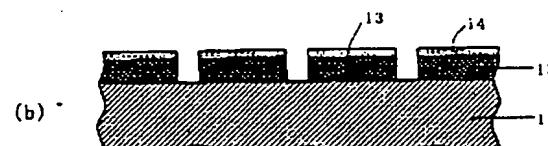
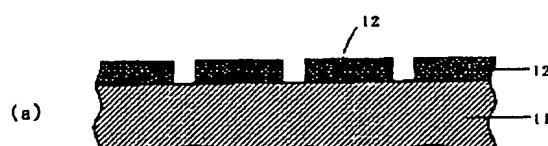
#### 【符号の説明】

- 1.....透明基板
- 2.....レジストパターン
- 3.....凹部
- 4.....半透明層
- 11.....透明基板
- 12.....半透明パターン層
- 13.....シフターパターン
- 14.....透過率調整層

【図1】



【図3】



【図2】

